

THESIS

MARBURG

1968

Aus der Hals-, Nasen-, Ohren-Universitätsklinik zu Marburg
Direktor: Professor Dr. med. J. Berendes

Untersuchungen über Hörschäden
durch moderne Dentalturbinen

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps - Universität Marburg

vorgelegt von

Ursula Halatscheff
aus Sofia

Marburg 1968

Untersuchungen über Hörschäden
durch moderne Dentalturbinen

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps - Universität Marburg

vorgelegt von

Ursula Halatscheff

aus Sofia

Marburg 1968

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am 8. August 1968
gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

Dekan:	Prof. Dr. med. R. Siegert
Referent:	Doz. Dr. med. W. Niemeyer
Correferent:	Prof. Dr. med., Dr.med. dent. habil. H. Heuser

G l i e d e r u n g (Inhaltsverzeichnis)

UNTERSUCHUNGEN ÜBER HÖRSCHÄDEN DURCH MODERNE DENTALTURBINEN

- I. Einleitung und Problemstellung
 - Historische Entwicklung der Bohrmaschine
- II. Bisherige Untersuchungen
 - Kritik
- III. Eigene Untersuchungen
 - A. Geräuschanalysen an den in Marburg benutzten Dentalturbinen
 - 1. Akustische Vorbemerkungen
 - 2. Methodik und Ergebnisse der Analysen
 - B. Audiometrische Methodik
 - 1. Allgemeines
 - 2. Meßvorgang
 - C. Untersuchter Personenkreis
 - 1. Zahnmediziner
 - 2. Kontrollgruppe
 - D. Geräuschexposition der Untersuchten
 - 1. Zahnmediziner
 - 2. Kontrollgruppe
 - E. Untersuchungsmethodik
 - 1. Anamneseerhebung
 - 2. HNO-Untersuchung
 - 3. Audiometrie
- IV. Ergebnisse
 - A. Zahnmediziner
 - B. Kontrollgruppe
 - C. Statistische Auswertung
- V. Diskussion und Folgerung
- VI. Zusammenfassung
- VII. Literatur



Digitized by the Internet Archive
in 2026

I. Einleitung und Problemstellung

a) Historische Entwicklung der Bohrmaschine.

Die Erkenntnis, daß die Leistungen der Bohr- und Schleifinstrumente durch Erhöhung der Drehzahlen sehr verbessert werden, gab den Anlaß, auch für die zahnärztliche Bohrmaschine die Drehzahlen zu erhöhen. Nachdem man von der Fußtritt- zur elektrischen Bohrmaschine übergegangen war, versuchte man diese durch Einbau von Schnellaufschaltung und Schnellauf-Wriste in ihrer Leistungsfähigkeit zu verbessern. Jedoch stieß man bald auf Grenzen, die durch die Unvollkommenheit der Konstruktionselemente am Lager der Rollen des Doriotgestänges sowie der Lager und Spannvorrichtungen in Hand- und Winkelstücken gesetzt waren. Für den Dauerbetrieb kam man kaum über 20 000 U/min. hinaus.

Erst in den 50er Jahren zeigte der Schwede NORLÉN (Dentalär-Atlas-Copco), daß man mit Luftantrieb Dauerdrehzahlen von 60 000 U/min. erzielen konnte. Wenig später kam der "Airotor" von DR. JOHN VON BORDEN, USA, auf den Markt, der die erstaunlich hohe Drehzahl von 300 000 U/min. erreichte. 1958 gründete The Dentists Supply Company of New York die "Airotor Vertriebsgesellschaft" in Konstanz, um die Lizenzrechte für den Bau und Vertrieb einer hocheffizient laufenden Zahnbohrmaschine auf Europa auszudehnen. Den Lizenznachbau für Deutschland übernahm die Firma Kaltenbach & Voigt in Biberach/Riss. Die Weiterentwicklung des Airotor-Handstückes durch Kaltenbach & Voigt führte 1960 zu Winkelstücken mit auswechselbaren Köpfen. Der große Vorteil dieser Vervollkommnung liegt in der Austauschbarkeit defekter Turbinenköpfe. Zusätzlich wurde

von diesem Zeitpunkt an der Turbinenkopf mit zwei Wasserdüsen ausgerüstet, die für eine intensivere Kühlung sorgen. In der gleichen Ausstattung wird dieses Instrument auch heute noch dem Handel angeboten.

Als entscheidender Vorteil der Dentalturbine ist die große Erleichterung und Beschleunigung der Bohr- und Schleifarbeit zu nennen. Dem steht als Nachteil das Arbeitsgeräusch gegenüber, das von dem unauffälligen Schnurren der herkömmlichen Bohrmaschine stark abweicht. Die hohen Drehzahlen bedingen ein Pfeifgeräusch, dem Patient und Arzt während der Behandlung in geringer Distanz ausgesetzt sind. Das Arbeitsgeräusch der Dentalturbine wurde von Anfang an als subjektiv unangenehm bezeichnet. Es entwickelten sich bald Diskussionen über mögliche psychische und physische Schädigungen, sowohl des Patienten einerseits, als auch des Behandelnden und seines Hilfspersonals andererseits. Zur Klärung wurden Untersuchungen auf Hörschäden durch Dentalturbinen auf verschiedene Weise durchgeführt.

II. Bisherige Untersuchungen.

HESSE¹⁾ versuchte anhand einer Umfrage mittels Fragebogen, Beeinträchtigungen des Hörvermögens der Zahnärzte durch die Turbine zu ermitteln. Er richtete die Umfrage an 300 Zahnärzte in sieben Städten der Schweiz. Ein Frageblatt mit 10 Fragen wurde wahllos an die Zahnärzteschaft verschickt.

FRAGEBLATT

(Muster)

Frageblatt (Muster)

Zur Frage der Belastung des Zahnarztes durch das Geräusch der Dentalturbine.

Umfrage an Zahnärzte, die eine Turbine besitzen und benutzen.

Fragen

- Seit wann arbeiten Sie mit der Dentalturbine?
seit Jahren.
- Wie lange arbeiten Sie täglich im Durchschnitt mit der Turbine?
(Summe der einzelnen Benutzungszeiten je Patient.)
etwa Std./.....Min.
- Empfinden Sie das Geräusch der Turbine subjektiv als Störung bzw. nervliche Belastung?
nein, keineswegs

 } *)
ja, ein wenig
ja, sehr
- Halten Sie — rein subjektiv — eine Schädigung des Gehörorgans als Folge der Geräuschbelastung durch die Turbine für möglich?
nein, sicher nicht

 } *)
vielleicht; ich hielte es für denkbar
ja, durchaus
- Haben Sie womöglich den Eindruck, daß Ihr Gehör bereits geschädigt worden ist, und wenn ja, welcher Art sind Ihre Beschwerden?
nein, keine Beschwerden

 } Art der Beschwerden:
ja, ein wenig

 } *)
ja, eindeutig

 } *)
- Für welche Arbeiten, und in jeweils welchem Umfange, setzen Sie die Turbine ein?
zur Kavitätenpräparation

0/0

 } ca. % der
zur Kronenpräparation

0/0

 } Präparationszeit
zur Zahnsteinentfernung

0/0

 } (Summe = 100%)
bei sonstigen Arbeiten

0/0
- Wenden Sie irgendein Schuttmittel gegen die Geräuschbelastung durch die Turbine an und, wenn ja, welches?
Schuttmittel: Watte

 }
ja

 } *) Ohropax

 } *)
nein

 } Ohrpfropfen
Ohrmuscheln

 }
- Fabrikat und Typ Ihrer Turbine?**)
- Würden Sie es begrüßen, wenn der hier angeschnittene Fragenkomplex wissenschaftlich untersucht oder zumindest zunächst in größerem Rahmen, z. B. in der Fachpresse, diskutiert würde?
ja, durchaus

 } *)
am Rande
nein, überflüssig

- Ihr Alter Jahre.

*) Zutreffendes bitte ankreuzen.

**) Wird gefragt wegen der unterschiedlichen Phonstärke.

Baldige Rücksendung erbeten

Von den 300 Befragten antworteten 158. 17 davon gaben an, keine Turbine zu besitzen. 2 Frageblätter wurden wegen Unvollständigkeit ausgeschieden, so daß 139 zur Auswertung verblieben. 72% der Zahnärzte fühlten sich subjektiv belastet, 96% wünschten eine Fortführung der Diskussion über die Hörgefährdung durch das Turbinengeräusch.

HESSE folgert, daß Maßnahmen zum Schutz des Zahnarztes gegen die Gefährdung durch das Turbinengeräusch dringend zu fordern sind. Diese Untersuchung beschränkte sich also auf subjektive Angaben der exponierten Zahnärzte. Fachärztliche Untersuchungen auf pathologische Veränderungen des Innen- und Mittelohres sowie eine Fahndung nach Vorerkrankungen oder anderweitige Expositionen, die zu Schwerhörigkeit bzw. zu umschriebenen Hörausfällen in bestimmten Frequenzbereichen hätten führen können, wurden nicht vorgenommen. Vor allem unterblieben audiometrische Prüfungen, die allein eine Aussage über lärmtraumatische Hörsenken gegeben hätten. Die Ergebnisse von HESSE beruhen vielmehr auf subjektiven Eindrücken des einzelnen Zahnarztes. Weiterhin sind das relativ hohe Alter der befragten Zahnärzte und die teilweise schon veralteten Turbinenmodelle zu vermerken. HESSE gibt vier Altersgruppen an:

	<u>Alter</u>	<u>%</u>
A	40	32
B	40-49	30
C	50-59	23
D	60	15

38 % der Befragten standen also in einem Alter, wo bereits mit einem deutlichen Altersabbau des Gehörs und daher mit einer Überlagerung von praesenilem Hochtonhörverlust und Turbinenschaden zu rechnen ist.

Die Ergebnisse von HESSE versuchte BOHREN² aufgrund audiometrischer Untersuchungen zu widerlegen. Er kritisierte zu Recht die Art der Untersuchung, die nur auf subjektiven Äußerungen der Befragten basierte und audiometrische Untersuchungen auf Hörausfälle vermissen ließ. Ferner wies HESSE selbst darauf hin, daß schon im Alter von 40 Jahren bei der Frequenz 12 000 Hz mit einer durchschnittlichen Höreinbuße von 30 bis 40 dB zu rechnen sei.

BOHREN ließ von sich selbst Audiogramme im Abstand von zwei Jahren anfertigen, und zwar in Form eines Reinton-Audiogramms mit der Prüfung diskreter Frequenzen. Es ließ sich keine Einschränkung der Hörfähigkeit feststellen, die nicht im Bereiche von Meßfehlern oder in physiologischen Grenzen gelegen hätte. Zum Vergleich legte er eigene Audiogramme von 1959 und 1965 bei. Sie wiesen keine signifikanten Hörsenken auf.

EICHNER³⁾ untersuchte 1959 experimentell, ob und inwieweit das Geräusch der Bohrköpfe, die technisch gesehen Turbinen und Sirenen sind, einen Einfluß auf das Hörvermögen hatte. Er ließ hierzu eine Gruppe von 6 Versuchs-

personen 60 Minuten lang der Schallbelastung durch Zahnturbinen aussetzen, wobei sich die Probanden einen Teil der Zeit in der Nähe des Gerätes aufhielten und den anderen Teil der Zeit mit dem Gerät arbeiteten. Diese Anordnung bezweckte, die Probanden gleichmäßig dem pendelnden Frequenzspektrum auszusetzen, das sich nach Tourenzahl und Armierung mit einem Instrument ändert; die Versuchspersonen standen vorwiegend im Alter von 20-30 Jahren. Es kam zu einem deutlichen Absinken der Hörschwellenkurve im Bereiche von 4 000 bis 8 000 Hz, wobei die Meßwerte bei 5 000 Hz vor und nach Belastung eine echte Signifikanz zeigten. Bei allen Probanden war 15-25 Minuten nach Ende der Lärmexposition eine vollständige Erholung des Gehörs festzustellen. EICHNER schloß daraus, daß es sich bei der Hörverschlechterung durch die Zahnturbinen nur um eine Hörermüdung handelt, die nach einer Erholungspause von 15 - 25 Minuten wieder ausgeglichen sei. Ein eventuell gesetzter Schaden müsse somit in der Erholungsphase wieder völlig behoben sein.

HAHN und CHANTEL ⁴⁾ untersuchten den Lärm verschiedener Turbinenbohrer. Als höchste Gesamtintensität wurden 73 - 78 Dezeibel gemessen. Die Intensitätsspitzen lagen je nach Fabrikat bei 4 000 bis 16 000 Hz. Diesem Lärm wurden ohrgesunde Versuchspersonen drei Minuten lang mit 1 Minute Intervall ausgesetzt; insgesamt 15 bis 60 Minuten. Bei einer Expositionszeit von 15 Minuten wurden

keine Änderungen des Schwellengehörs festgestellt, jedoch war die " Erholungszeit um 20 bis 40 Sekunden verlängert". Bei einer Expositionszeit von einer Stunde trat bei einem Fall der Versuchspersonen eine Schwellenerhöhung von 15 bis 25 Dezibel für die Frequenz 4 000 Hz auf; die Erholungszeit war ebenfalls um 20 bis 40 Sekunden verlängert. 30 Minuten nach Ende der Lärmexposition waren die audiometrischen Befunde wieder normal.

HOPP⁵⁾ konnte an einer Gruppe von 64 gesunden jungen Zahnmediziniern mit normalem Gehör keine Schallschädigung beobachten, obwohl die Umdrehungszahlen der modernen hohtourigen Zahnbohrer zwischen 270 000 und 370 000 Umdrehungen pro Sekunde betragen und während des Bohrens Intensitäten zwischen 85 und 100 Dezibel gemessen wurden.

KELLER, OLK und OPITZ⁶⁾ stellten Reihenuntersuchungen im Raume Stadt Bonn, Land Bonn und des Siegkreises an. Von 375 angeschriebenen Zahnärzten unterzogen sich in der Zeitspanne von Februar 1963 bis August 1963 120 einer audiometrischen Untersuchung an der HNO-Klinik Bonn-Venusberg. Jede der untersuchten Personen mußte auf einem Fragebogen mehrere Fragen nach Schwerhörigkeit in der Familie und früher durchgemachten Ohrleiden, insbesondere auch Kriegsleiden, ferner nach subjektiven Beschwerden seitens des Gehörs beantworten. Auch die Frage

nach einer durchgeführten Medikation mit Streptomycin oder mit einem streptomycinhaltigen Antibiotikum wurde gestellt. Weitere Fragen bezogen sich auf die Dauer der zahnärztlichen Tätigkeit, die Arbeit mit einem Turbinenbohrer, tägliche Laufdauer mit der Turbine, sowie auf die Aussetzung zu anderweitigen apparativ bedingten Lärm- oder Dauergeräuscheinwirkungen. Alle Probanden wurden HNO-ärztlich untersucht. Die anschließende audiometrische Untersuchung erfolgte mit einem Atlas-Audiometer mit Geräuschzusatz nach LANGENBECK. Auf beiden Ohren wurden die Frequenzen 4 000 - 12 000 Hz in Knochen- und Luftleitung durchgemessen. Ergebnisse: Die Arbeitsdauer mit der Turbine betrug 1,5 bis 2,8 Jahre. Die Turbinenlaufzeiten wurden meist nach Schätzung angegeben und lagen zwischen 10 Minuten als niedrigstem Wert und 240 Minuten als höchstem Wert pro Tag. Die Audiogrammkurven der Untersuchten zeigten bis zur Frequenz 1 000 Hz keine Abweichungen von der Normalkurve der entsprechenden Altersgruppe. Oberhalb 1 000 Hz wichen die Kurven zu größeren dB-Werten ab. Der größte Hörverlust lag zwischen 2 000 und 8 000 Hz. Die Audiogramme der 20- bis 30-jährigen wiesen den größten Hörverlust zwischen 4 000 und 8 000 Hz auf. Insgesamt wurde ein Maximum der Schädigung im Bereiche von 2 000 und 8 000 Hz gefunden. Von 89 Untersuchten, die mit Turbinenbohrer arbeiteten, ergab die Durchschnittshörkurve im Frequenzbereich oberhalb 2 000 Hz einen deutlichen Hörverlust. Der von RADEMACHER, PARTSCH und EICHNER geäußerte Verdacht, daß der Lärm des in der zahnärztlichen Praxis gebräuchlichen Turbinenbohrers eine Schädigung des Innenohres bewirken kann, konnte somit unterstützt werden. Doch

gestattet, wie auch OLK und OPITZ ausführen, die relativ kurze Einwirkungsdauer des Lärms des Turbinenbohrers während 2,8 Jahren noch keine Rückschlüsse auf das endgültige Ausmaß der Schädigung.

EINFELD⁷⁾ nahm bei 159 Zahnärzten Untersuchungen vor und fand bei allen 159 Hördefekte. Er folgerte, daß nach 2- bis 3-jähriger Tätigkeit mit der Turbine Schäden auftreten können, die als Berufskrankheit anzusehen seien.

Nach Ansicht von WESTON⁸⁾ hingegen liegt kein Beweis dafür vor, daß die Verwendung des hochtourigen Bohrers nachteilig für das Gehör ist. Seine Audiogramme zeigten keine signifikante Hörverschlechterung nach einigen Jahren Turbinenarbeit. Da jedoch die Anwendung des benutzten hochtourigen Bohrers noch relativ neu ist, empfahl WESTON die Untersuchungen nach 2 bis 3 Jahren zu wiederholen. Ferner regte er an, die Zahnturbinen geräuschärmer zu konstruieren. Seine Erfahrung erstreckte sich über ein Jahr, also eine recht kurze Zeit, um Aussagen über Dauerschäden zu machen.

ESCHER⁹⁾ fand bei C. J. PARTSCH, der 6 jüngere Personen vor und nach 1-stündiger Schallbelastung mit pendelnden Frequenzen des Borden-Airotors untersuchte, daß zwischen 2 000 und 8 000 Hz Hörverluste von 15 dB festgestellt wurden, die sich aber im Verlaufe von 15 bis 20 Minuten völlig zurückbildeten. Nach Meinung von PARTSCH ist auf die Dauer mit einer verminderten Erholung und dadurch mit einem allmählich eintretenden Schaden des Gehörs zu rechnen. Nach FLOTTORP¹⁰⁾ erreichen die Schalldruckspitzen der Airotor-Turbine nur bei 5 000 Hz die gefährliche Zone, was bei einer langen Dauer der Exposition immerhin zu Hörschäden führen könnte. Es wurden 10 bis 18 Minuten vor und nach der Belastung Messungen mit dem Peters-Audiometer durchge-

führt. Bei einem 30-jährigen Zahnarzt wurde in der Vorprüfung nur eine kleine Hörsenke am rechten Ohr bei 6 000 Hz von 25 Dezibel festgestellt. Nach 15 Minuten Belastung trat rechts und links ein deutlicher Hörverlust auf, der in den hohen Frequenzen links 30 dB und rechts 20 dB betrug. Auch hier war eine sehr deutliche Verzögerung der Erholung festzustellen; normale Hörschwellenwerte wurden erst nach 60 Minuten erreicht. Bemerkenswerterweise trat beim Untersucher selbst ein subjektives Vertäubungsgefühl auf, das von einem unangenehmen etwa zwei Wochen andauernden Ohrsausen begleitet war. FLOTTORP zog den Schluß, daß das Arbeiten mit den hochtourigen Bohrern eine Beeinträchtigung des Hörvermögens vor allem in den hohen Frequenzen, bewirke. Weitere Geräuschanalysen ergaben, daß im Frequenzbereich zwischen 4 000 und 10 000 Hz Schalldruckpegel zwischen 85 und 105 dB auftreten. Die Schalldrucke bzw. Intensitäten sind in der sich immer wiederholenden Belastung als zu hoch anzusehen. Bei zwei ohrgesunden Zahnärzten war nach 15-minütiger Belastung keine Schwellenveränderung festzustellen, nachdem alle 4 bis 18 Minuten Kontrollprüfungen durchgeführt wurden.

FELDMANN und SCHWAB ¹¹⁾ führten Schallpegelmessungen und Frequenzanalysen des Turbinengeräusches direkt am zahnärztlichen Arbeitsplatz durch, so daß der Einfluß des übrigen Störlärms und der Raumakustik mit erfaßt wurde. Die Messung erfolgte mit einem Kondensator-Mikrophon mit linearem Frequenzgang bis 40 000 Hz, Terzfilteranalysator und Pegelschreiber (BRÜEL & KJÆR). Als Gesamtschallpegel wurden Werte zwischen 78 und 97 dB gemessen. Es zeigte sich, daß

die Schallintensität durch den etwas ungleichmäßigen Lauf der Turbine in gewissen Grenzen schwankte und anscheinend durch die Ausbildung stehender Wellen nicht streng proportional mit der Entfernung abnahm, sondern daß die Energiemaxima vielmehr netzförmig im Raum verteilt waren. Beim praktischen Einsatz der Turbine kam hinzu, daß die Umdrehungszahl durch den verschiedenen Luftwiderstand der aufgesetzten Bohrer bzw. Schleifkörper bis zu 50% gegenüber der Leerlauf-Tourenzahl abfallen konnte. Eine weitere Änderung der Drehzahl ist nach FELDMANN und SCHWAB beim Bohr- und Schleifvorgang selbst zu erwarten. Im Leerlauf ist der Schall durch eine absolute Energiespitze bei 5 000 Hz gekennzeichnet, der sich weitere ausgeprägte Gipfel in den beiden nächsthöheren Oktaven anschließen. Zur klinischen Untersuchung wurden etwa 100 Zahnärzte im Alter von 25 bis 60 Jahren durch Rundschreiben gebeten, von denen 30 der Einladung folgten. Bei jedem wurden durch anamnestische Erhebungen und eine eingehende HNO-Untersuchung frühere Ohrerkrankungen ausgeschlossen. Die weitere Befragung zielte hauptsächlich auf die Anwendung der Turbine. Es ergab sich, daß die niedergelassenen Zahnärzte seit 4 1/2 Jahren mit der Turbine arbeiteten, die jüngeren etwas kürzere Zeit. Die Mehrzahl der Untersuchten gab an, das Geräusch der Turbine als unangenehm zu empfinden. Etwa die Hälfte meinte, eine Gehörverschlechterung bemerkt zu haben.

Wegen der verschiedenen Altersgruppen und des relativ kleinen Beobachtungsgutes verbot sich den Verfassern eine statistische Auswertung. An 2 Beispielen wurden die auffälligen individuellen Unterschiede des Hörvermögens erläutert: (Abb. 1 u. 2)

- 1) Dr. R.D., 40 Jahre alt
 5 Jahre Turbine, täglich 2 Stunden.
 Turbinengeräusch subjektiv lästig.
 Im Audiogramm beiderseits normales Hörvermögen.

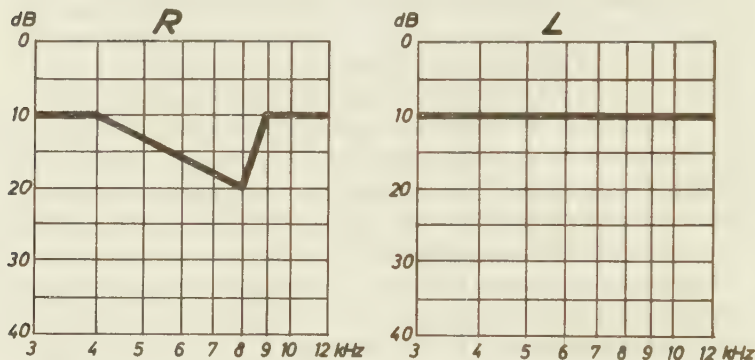


Abb. 1

- 2) Dr. B.E., 39 Jahre alt
 3 3/4 Jahre Turbine, täglich 1 Stunde.
 Turbinengeräusch subjektiv störend,
 Audiogramm: Abfall der Hörkurve ab 1 000 Hz
 bis zu einem maximalen Hörverlust von 60 dB
 auf dem linken und 40 dB auf dem rechten Ohr.

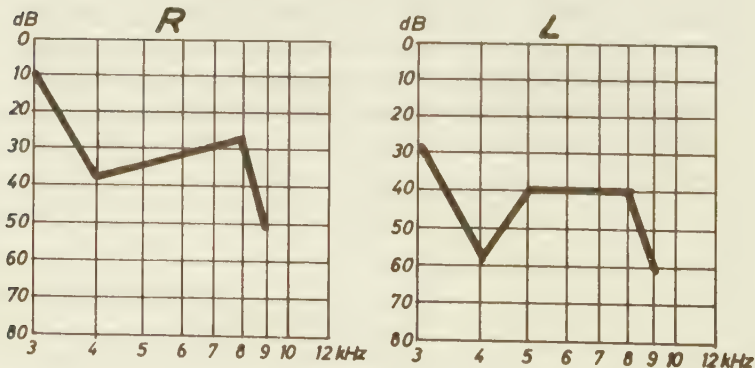


Abb. 2

Die Ergebnisse bei den übrigen 28 Zahnärzten lagen zwischen den beiden angeführten Extremen. Die Untersuchungen FELDMANNs und SCHWABs besagen, daß schon die für die Anwendung der Turbine typische kurze Einwirkungs-dauer von wenigen Minuten täglich bei besonders disponierten Personen ausreicht, einen Hörverlust hervorzurufen. Ferner ist in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von KELLER, OLK und OPITZ zu folgern, daß die Tätigkeit mit dem Turbinenbohrer einen schädigenden Einfluß auf das Innenohr haben kann. In der unterschiedlichen individuellen Lärmempfindlichkeit ist offenbar die Erklärung für die stark divergierenden Untersuchungsergebnisse der verschiedenen Autoren zu suchen.

Abschließend noch eine Zusammenfassung von LENHARDT ¹²⁾:

"Während anfangs sowohl aufgrund einstündiger Belastungsversuche (PARTSCH und EICHNER 1960) als auch nach einjähriger Beobachtung (HOPP 1962) eine hörschädigende Wirkung verneint wurde, haben BENTZEN (Zitat nach EINFELDT 1963) sowie KELLER, OLK und OPITZ (1964) die Verhältnisse bedeutend ungünstiger dargestellt. Laut BENTZENs Beobachtungen wiesen nach etwa dreijähriger Tätigkeit mit der Turbine etwa die Hälfte der Zahnärzte umschriebene Hörschäden auf. Eine Reihenuntersuchung an 159 Zahnärzten zeigte dann, daß 9 als bleibend schwerhörig gelten mußten. BRUNSGAARD (1962) und KELLER, OLK und OPITZ (1964) 89 Untersuchte, glauben, daß auch im Durchschnitt bei den mehrjährig Exponierten, die audiometrischen Schwel-

lenwerte ungünstiger liegen, als es der Altersnorm entspricht."

Kritik der bisherigen Untersuchungen:

Wie auch WESTON (1962) und jüngst FELDMANN und SCHWAB (1965) einerseits betonen, fehlt es unseres Erachtens an Beweisen, daß der ohrgesunde Zahnarzt durch das Turbinengeräusch einen meßbaren Hörverlust erleidet; nur bei anderweitig vorgeschädigten oder weniger lärmresistenten Turbinenbenutzern sind begrenzte Höreinbußen und anhaltende Ohrgeräusche möglich.

Andererseits läßt sich die generelle Möglichkeit von Hörschäden aufgrund der referierten Publikationen auch nicht mit Sicherheit ausschließen. Alle Reihenuntersuchungen erfolgten mit Audiometern, welche im gefährdeten Hörfrequenzbereich nur Stichproben in Halboktav- oder Oktavabständen entnehmen (3 000, 4 000, 6 000, 8 000, 12 000 Hz).

Aus Untersuchungen VAN DISHOECKS ist aber bekannt, daß Hörsenken keineswegs immer in die Meßfrequenzen der gebräuchlichen Audiometer fallen. Sie können auch zwischen den Meßfrequenzen liegen. Zuverlässige Ergebnisse sind also nur mit einem Audiometer zu erhalten, das auch mit den Frequenzen zwischen den Tönen der c- und fis-Reihe zu prüfen gestattet. Die Meßgenauigkeit der bisher benutzten Audiometer hielten wir daher nicht für befriedigend. Hinzu kam, daß die erwähnten Untersuchungen sich vorwiegend auf Turbinen älterer Bauart bezogen. Diese beiden Sachverhalte veranlaßten uns, das Problem erneut

aufzugreifen und Reihenuntersuchungen an Zahnärzten, die mit modernen Dentalturbinentypen arbeiten, mit Hilfe eines kontinuierlichen Audiometers, das sich durch eine hohe Meßgenauigkeit auszeichnet, durchzuführen.

III. Eigene Untersuchungen.

A. Geräuschanalysen an den in Marburg benutzten Dentalturbinen.

1) Akustische Vorbemerkungen.

In einem Luftraum herrscht überall gleicher Gasdruck. Werden die Luftteilchen von einer Schallquelle angeregt, so beginnen sie zu schwingen, wobei sich die Schwingungen in Richtung der Teilchenbewegung fortpflanzen. So entstehen Zonen der Luftverdichtung und Luftverdünnung, die Schallwellen. Den Raum, in welchem sich der Schallvorgang abspielt, bezeichnen wir als Schallfeld. Wenn der Schall auf ein Hindernis stößt, wird er reflektiert.- Die Höhe des Tones hängt von seiner Frequenz ab, wobei wir unter Frequenz die Zahl der Vollschrwingungen pro Sekunde verstehen. Die Schwingungen pro Sekunde werden in "Hertz" angegeben. Die durch die Teilchenauslenkung bewirkten Druckschwankungen bestimmen maßgeblich die Lautstärke (Schalldruck). Für die Lautstärkemessung werden besondere elektrische Meßinstrumente, die Lautstärke- oder Schallpegelmesser, benutzt. Sie bestehen im Prinzip aus dem Meßmikrophon, dem Meßverstärker mit elektrischer Stromquelle und dem Anzeigeinstrument. Das Mikrophon wandelt die Schallschwingungen in elektrische Wechselspannung um, aus

deren Stärke sich der Schalldruck erschließen läßt.

Zur Raumakustik:

Je schallhärter die Wände eines Raumes sind, desto stärker ist ganz allgemein die Reflexion. Es kann auch zur Ausbildung stehender Wellen kommen, besonders wenn tonale Geräuschanteile vorherrschen. Auf das Ohr wirkt also nicht nur der Direktschall, sondern auch der reflektierte Wand- und Bodenschall ein, so daß an bestimmten Stellen im Raum Schallüberhöhungen und -minderungen entstehen können. Diese verwickelten Verhältnisse sind am sichersten zu erfassen, wenn die Messung unter den gleichen Bedingungen erfolgt, die bei der Lärmarbeit tatsächlich bestehen.

2) Methodik und Ergebnisse der Analysen.

Die Lärmmessung besteht aus der Bestimmung des Gesamtschalldruckes in Dezibel (dB) und der Analyse der frequenzspektralen Energieverteilung. Hierzu wird der Schall in eine Anzahl bestimmter Frequenzbänder aufgelöst. Die Breite der Frequenzbänder kann unterschiedlich gewählt werden; im allgemeinen wird der Schalldruck je Oktavbreite gemessen. Genauer ist die Analyse in Terzbreiten. Unsere Messungen wurden im Kurssaal der Zahnklinik in Marburg in Form einer solchen Terzfilteranalyse durchgeführt. Wir benutzten eine Gerätekombination der Firma BRÜEL & KLAER (Kopenhagen). Das Mikrophon war ein kalabriertes Kondensatormikrophon, Typ 4131, die Eichung erfolgte

mit Pistonphon 4220. Der tragbare Schallpegelmesser Typ 2203 war an das Terz-Oktavfilter Typ 1612 angeschlossen. (Abb. 3)

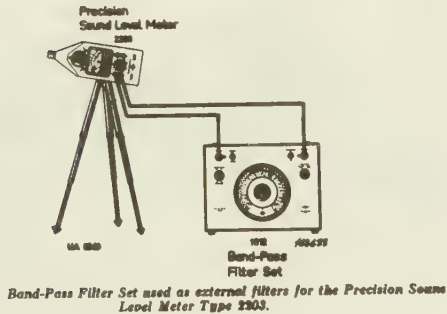


Abb. 3

Der Schallpegelmesser wurde so auf ein Stativ aufgesetzt, daß sich das Meßmikrophon in Ohrnähe des Behandelnden befand. Auf diese Weise ließ sich eine genaue und gehörrichtige Zerlegung des Turbinengeräusches in der Stärke und Zusammensetzung, wie es auf das Ohr des Behandelnden wirkte, erreichen.

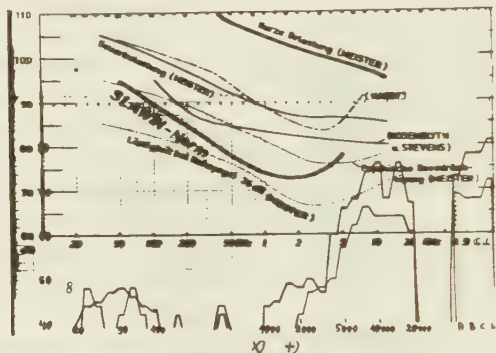
Geräuschanalysen der einzelnen Turbinentypen:

1) WISPAIR-HARTMETALL

Während der Arbeit mit einem Hartmetallbohrer lag

das Intensitätsmaximum bei Belastung zwischen 8 000 und 10 000 Hz, Schalldruck 60-76 dB.
Im Leerlauf der Turbine lag das Intensitätsmaximum des Geräusches bei 7 000 - 10 000 Hz. Die Intensität betrug 60-67 dB. (Abb. 4)

Abb. 4

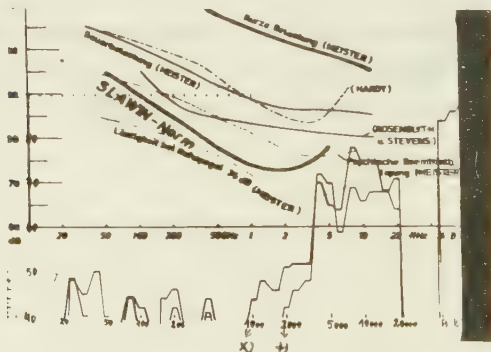


x) bei Belastung +) im Leerlauf

2) WISPAIR-DIAMANT DZ 113

In Arbeit mit der Turbine lag das Maximum der Lautstärke bei 7 000 - 9 000 Hz, wobei ein steiler Anstieg von 7 000 - 8 000 Hz, der dann bis zu 9 000 Hz verlief, zu beobachten war. Die Intensität betrug 65-78 dB.
Im Leerlauf waren zwei Maxima bei 4 000 Hz und 7 000 - 9 000 Hz vorhanden. Es wurden Hauptintensitäten zwischen 60-72 dB gemessen. (Abb. 5)

Abb. 5



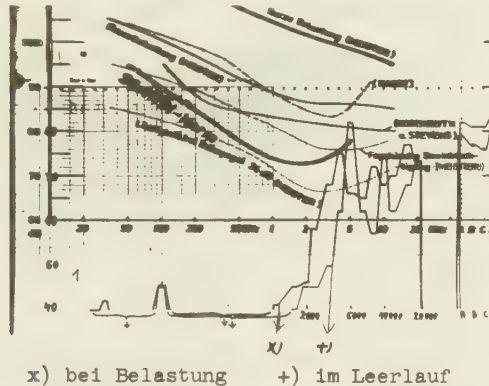
x) bei Belastung +) im Leerlauf

3) BORDEN-AIROTOR-HARTMETALL.

In Arbeit mit einem Hartmetallbohrer lag das Lautstärkemaximum bei Belastung bei 7,5 - 8,5 KHz; Maximale Intensität 72 dB.

Im Leerlauf des Borden-Airotors, ohne daß dabei gearbeitet wurde, lag das Maximum des Geräusches bei 9,5 - 10,5 KHz und betrug 75 dB. (Abb. 6)

Abb. 6

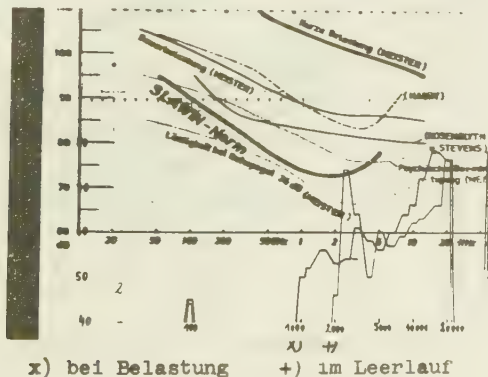


4) BORDEN-AIROTOR-DIAMANT DZ 113

Bei Belastung mit der Turbine lag ein Maximum bei 8-9 KHz, wobei die höchste Intensität 75 dB betrug, und ein zweites im Frequenzbereich von 9-10 KHz mit einer Intensität von 67 dB.

Im Leerlauf, ohne daß dabei gearbeitet wurde, wurde ein Maximum bei 3 000 Hz von 74 dB erreicht

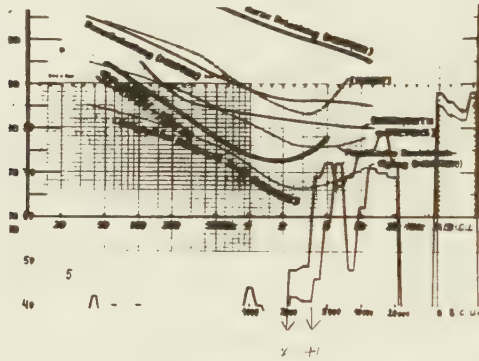
Abb. 7



5) SIRONA-HARTMETALL

In Arbeit lagen die Intensitätsmaxima bei 5 KHz und einer Intensität von 72 dB, ferner bei 9 - 10 KHz und 74 dB. Im Leerlauf, ohne daß dabei gearbeitet wurde, ergab sich ein Maximum im Frequenzbereich von 6 - 7 KHz bei einer Intensitätsstufe von 72 dB; ferner bei 10 - 11 KHz mit einer Höchstintensität von 70 dB. (Abb. 8)

Abb. 8

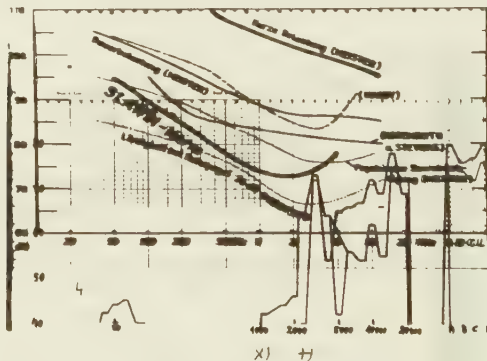


x) bei Belastung +) im Leerlauf

6) SIRONA-DIAMANT DZ 113

Bei Belastung in Arbeit fand sich das Intensitätsmaximum bei 9 000 - 10 000 Hz und einer Höchstintensität von 72 dB. Im Leerlauf ohne Arbeit war ebenfalls ein Intensitätsmaximum von 9 000 - 10 000 Hz bei 72 dB festzustellen. (Abb. 8 a)

Abb. 8a

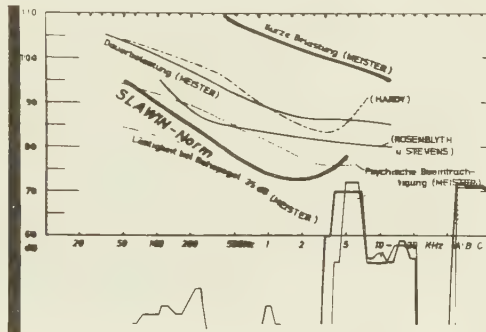


x) bei Belastung +) im Leerlauf

Im allgemeinen waren Turbinen dieser Typen gleichzeitig im Behandlungssaal im Betrieb. Sie erzeugten ein Geräusch von 72 dB (linear) mit Intensitätsmaxima zwischen 4 000 und 7 000 Hz von 70 dB.

Bei Leerlauf aller Turbinen befand sich das Intensitätsmaximum bei 5 - 6,5 KHz, die Gesamtintensität betrug 72 dB. (Abb. 9)

Abb. 9



x) bei Belastung +) im Leerlauf

Die hauptsächlichsten Lautstärkemaxima der drei Turbinentypen WISPAIR, BORDEN-AIROTOR und SIRONA bewegten sich also im Frequenzbereich zwischen 7 000 und 10 000 Hz. Danach könnten auch Innenohrschäden in diesem hohen Frequenzgebiet zu erwarten sein. Die am besten fundierte kritische Grenze der Schädigungsmöglichkeit, die in der U.S.S.R. seit 1957 gesetzlich verankerte sog. SLAWIN-Norm, sagt über diesen Frequenzbereich allerdings nichts aus.

B. Audiometrische Methodik.

1) Allgemeines.

Für die Untersuchungen auf Hörsenken benutzten wir ein Audiometer vom Typ Peters -S.P.D./5. Es gestattet eine kontinuierliche Frequenzänderung von 0-12 000 Hz. Auch die Lautstärke ist stufenlos regulierbar.



Abb. 10

Bedienungsschaltbild des Audiometers Peters S.P.D./5

1 und 2 Lautstärkeregler

3 Frequenzeinstellung

4 Ausgangskombinationsschalter

Bei dem Lautstärkeregler bringt die Anwendung einer induktiven Regelung die sonst allgemein üblichen Schaltkontakte in Wegfall und garantiert eine knackfreie Einstellung.

Der Regler (1) ist vornehmlich zur Regelung des Prüftones bestimmt, der Regler (2) wird im allgemeinen, je nach Stellung des Ausgangskombinationsschalters (4), zur Lautstärkeeinstellung der Vertäubung benutzt. Beide Skalen sind durch einen aufgetragenen Nonius für eine Ablesegenauigkeit von weniger als 1 dB vorgesehen. Auch der Frequenzwähler (3) arbeitet völlig geräuschlos (Abb. 10). Genügend langsame Betätigung vorausgesetzt, kann praktisch jede Frequenz von 0 - 12 000 Hz eingestellt werden. Ein spezieller automatischer Eichmechanismus garantiert für jede eingestellte Frequenz die der Empfindlichkeitskurve des menschlichen Ohres entsprechende Lautstärke in den Kopfhörern.

Bei unseren Untersuchungen bedienten wir uns ausschließlich der Luftleitungsprüfung, wobei der gesamte Frequenzbereich von 0 - 12 000 Hz kontinuierlich durchgemessen

wurde. Um Meßfehler durch etwaige unterschiedliche Kennlinien des rechten und linken Kopfhörers zu vermeiden, wurde immer mit dem gleichen Hörer gemessen und die Kopfhörergabel bei Seitenwechsel umgesetzt.

2) Meßvorgang.

Während bei der Audiometrie mit Festfrequenzen die Hörschwelle in jeder der vorgegebenen Prüffrequenzen durch Betätigung des Lautstärkereglers aufgesucht wird, prüft man bei der kontinuierlichen Frequenzaudiometrie die gesamte Frequenzskala mit einer bestimmten Lautstärke durch. Bei normal Hörenden kann z.B. mit 0 oder 5 dB Lautstärke nach Hörsenken gefahndet werden. Selbstverständlich läßt sich auch mit einem kontinuierlichen Audiometer die Hörschwelle einer eingestellten Frequenz durch Betätigung des Lautstärkereglers messen.

Bei kontinuierlicher Messung zeigt der Proband den Moment an, in dem er den (kontinuierlich veränderten) Ton hört oder nicht mehr hört bzw. den Moment, in dem der Ton in einer höheren Frequenz wiederkehrt. Es ist Aufgabe des Untersuchenden, diesen evtl. auftretenden Hörausfall anhand der Frequenzskala genau einzugrenzen. Dies ist nur durch Handbetrieb zuverlässig möglich. Auf einem motorischen Frequenzvorschub nach V.BEKESY haben wir daher verzichtet.

C. Untersuchter Personenkreis.

1. Zahnmediziner.

Als Probanden kamen 76 jungapprobierte Zahnärzte und Staatsexamenskandidaten in Betracht, die sich fast täglich im Behandlungssaal der Universitäts-Zahnklinik aufhielten und dort selbst mit einer Turbine arbeiteten oder doch ständig dem Turbinengeräusch im Saal ausgesetzt waren, sei es, daß sie im Kurssaal tätig waren oder aber im kleinen Labor, das sich direkt neben dem Saal befindet und wo ebenfalls ständig das Turbinengeräusch einwirkt. Der Kurssaal umfaßt 24 Einheiten, die alle mit modernen Turbinen ausgestattet sind. Dazu kommen am Anfang des Saales noch 4 Assistentenzimmer, die ebenfalls Turbinengeräte enthalten. Das Alter der Untersuchten betrug 23 - 35 Jahre, im Mittel 26 Jahre.

2. Kontrollgruppe.

Um den Kausalzusammenhang zwischen etwaigen Hörschäden bei turbinenexponierten Zahnmedizinern und Turbinengeräusch belegen zu können, lief eine zweite Untersuchungsreihe im Sinne des Blindversuchs parallel. Die Kontrollgruppe setzte sich vorwiegend aus Studenten der Vollmedizin und anderen Fakultäten zusammen. Es handelte sich also um Personen gleichen Intelligenzgrades, die sich von den Zahnmedizinern anamnestisch nur durch das Fehlen einer Turbinenexposition unterschieden. Das Alter betrug 23 - 27 Jahre, im Mittel 25 Jahre.

Mögliche Schädigungen des Gehörorgans durch Schießen bei der Bundeswehr oder evtl. erlittenen Unfällen wurden durch Befragen ausgeschlossen oder besonders ver-

merkt. In die Kontrollgruppe kamen nur Personen, die unter keinen Ohrbeschwerden litten und bei der HNO-Untersuchung keine Veränderungen erkennen ließen, die einen Hördefekt verursachen konnten.

D. Geräuschexposition der Untersuchten.

1. Zahnmediziner.

Mit Zahnturbinen arbeiteten 37 Zahnmediziner im Durchschnitt 1 1/2 Jahre 3 Stunden pro Tag, 11 Zahnmediziner 2 - 2 1/2 Jahre 3 Stunden pro Tag, 6 Zahnmediziner 2 Jahre im Mittel 3 Stunden pro Tag und 2 Zahnmediziner etwa 3 Jahre lang 3 Stunden täglich. Unter diesen untersuchten Personen befand sich keine, die einer anderweitigen Lärmexposition außer dem Turbinengeräusch ausgesetzt war. Die Arbeitszeit in den Behandlungsräumen der Zahnklinik dauert von 8.30 bis 12.30 Uhr und von 14.00 - 16.30 Uhr. Es sind ständig ein oder mehrere Geräte in Betrieb, so daß Zahnärzte und Studenten dem Turbinengeräusch ununterbrochen ausgesetzt sind, auch wenn sie nicht selbst einen Patienten behandeln. Die Geräuschbelastung stellt somit eine Dauerbelastung dar.

2. Kontrollgruppe.

Keine der Vergleichspersonen war (außer als Zahnpatient für kurze Zeit) dem Turbinengeräusch ausgesetzt gewesen. Zwei Vergleichsprobanden wiesen Hörverluste auf, die durch Artillerieschießen bei der Bundeswehr entstanden waren, weitere zwei Personen hatten Hörverluste auf dem rechten Ohr zu verzeichnen, die durch eine frühere Otitis media entstanden waren.

E. Untersuchungsmethodik.

Die Untersuchung zerfiel in eine gezielte anamnestische Befragung, eine HNO-ärztliche Untersuchung und die audiometrische Untersuchung.

1. Anamneseerhebung.

Die Zahnärzte und Kandidaten der Zahnmedizin, die mit Turbinen arbeiteten, wurden anhand eines Fragebogens mit folgenden 10 Fragen exploriert:

FRAGEBOGEN 1

- 1) Seit wann wurde mit der Turbine gearbeitet ?
Wieviel Jahre insgesamt ?
- 2) Mit welchem Turbinentyp (Fabrikat) ?
- 3) Wieviel Stunden im Durchschnitt täglich ?
- 4) Welche Pausen lagen zwischen den einzelnen
Lärmbelästigungen durch die Turbine ?
- 5) Bestand bereits eine Schwerhörigkeit vor der
Lärmbelästigung durch die Turbine ?
- 6) Trat in der Familie vorzeitige Schwerhörigkeit auf ?
Wodurch bedingt ?
- 7) Trat in der Familie Schwerhörigkeit auf, die
erblich bedingt ist ?
- 8) Bestanden bereits frühere Ohrerkrankungen ?
Wenn ja, welche ?
- 9) Wurden irgendwelche Schädelverletzungen erlitten,
die Schwerhörigkeit zur Folge hatten ?
- 10) Welche schweren Infektionskrankheiten wurden
durchgemacht ?

Aufgrund der Antworten ließen sich z.B. evtl. Hörverluste durch Schädeltraumen, erblich bedingte Hördefekte oder aber eine Hörminderung durch starke Lärm- und

Knalleinwirkung bei männlichen Probanden, die ihren Militärdienst absolviert hatten, ausschließen, ferner Beeinträchtigungen des Hörvermögens durch Infektionskrankheiten und Medikamente (Streptomycin).

Der Fragebogen für die Vergleichsgruppe enthält 5 Fragen entsprechend den Fragen 6 - 10 des Erhebungsbogens für Zahnmediziner. Er beschränkt sich also auf die Fahndung nach Schädeltraumen, starken Lärmeinwirkungen, erblich bedingten Faktoren, früheren Ohrerkrankungen und Infektionskrankheiten. Dadurch konnte die Kontrollgruppe auf voraussichtlich ohrgesunde Probanden eingengt werden.

FRAGEBOGEN 2

- 1) Trat in der Familie vorzeitige Schwerhörigkeit auf ? Wodurch bedingt ?
- 2) Trat in der Familie Schwerhörigkeit auf, die erblich bedingt ist ?
- 3) Bestanden bereits frühere Ohrerkrankungen ?
Wenn ja, welche ?
- 4) Wurden irgendwelche Schädelverletzungen erlitten, die Schwerhörigkeit zur Folge hatten ?
- 5) Welche schweren Infektionskrankheiten wurden durchgemacht ?

Anhand der Anamnese konnten wir ermitteln, daß 37 Zahnmediziner im Durchschnitt 1 1/2 Jahre täglich 3 Stunden ohne Unterbrechung mit der Turbine arbeiteten (Gruppe I).

11 Zahnmediziner arbeiteten 2 - 2 1/2 Jahre im Durchschnitt 3 Stunden mit der Turbine (Gruppe II).

6 Zahnmediziner arbeiteten im Schnitt 2 Jahre 3 Stunden lang mit der Turbine (Gruppe III). 8 Zahnmediziner arbeiteten etwa 3 Jahre 3 Stunden pro Tag mit der Turbine (Gruppe IV). Bei den Zahnmedizinern konnten wir anamnestisch keine Lärmexposition außer durch das Turbinengeräusch erfahren.

Dagegen waren bei der Kontrollgruppe bei zwei Personen Hörverluste durch Schießen bei der Bundeswehr entstanden, zwei hatten einen Hörverlust durch eine Otitis media erlitten und vier wiesen geringe Senken auf, die durch ein eingezogenes Trommelfell entstanden sein konnten.

2. HNO-Untersuchung.

Die HNO-fachärztliche Untersuchung erfolgte in üblicher Weise. Sie versuchte insbesondere pathologische Veränderungen am Gehörorgang festzustellen und etwaige Hörstörungen durch Zeruminalpfropfe, Trommelfelleinziehungen usw. zu beheben. Zur audiometrischen Untersuchung kamen nur Zahnmediziner und Vergleichspersonen ohne nennenswerten pathologischen Trommelfellbefund.

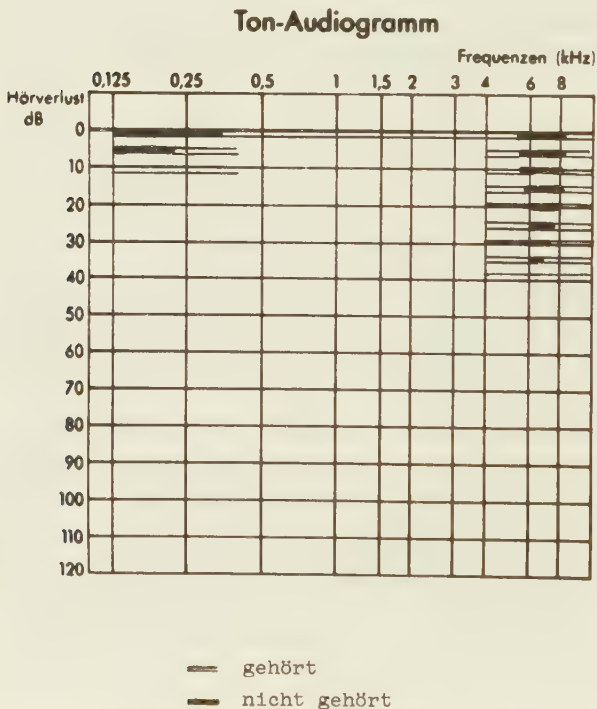
3. Audiometrie.

Die elektro-akustischen Hörprüfungen erfolgten bei Zahnmedizinern und Kontrollgruppe nach der gleichen Methode. Sie fanden in einem störschallgeschützten und reflexionsarmen Untersuchungsraum der audiologischen Abteilung der HNO-Klinik Marburg statt. Das benutzte Audiometer vom Typ Peters S.P.D./5 war in eine Phonak-Sprachaudiometrie-Abteilung eingebaut, was auf Meßbedingungen

und Meßvorgang jedoch keinen Einfluß hatte. Nach Einschalten des Audiometers wurde vor jeder Prüfung die Frequenz- und Intensitätseichung mittels der eingebauten Braun'schen Röhre kontrolliert und erforderlichenfalls korrigiert. Die Lautstärkeregelung dieses Audiometertyps ist so kalibriert, daß die Einteilung 0 dB in allen Frequenzen der normalen menschlichen Hörschwelle entspricht. (Analog der audiographischen Hörverlustdarstellung). Die Lautstärke wurde auf 0 dB oder 5 dB eingestellt und bei diesem Wert der gesamte Prüftönenbereich von 125 bis 12 000 Hz durch langsames Drehen des Frequenzwählers kontinuierlich durchgeprüft.

Hörte der Proband während der gesamten Messung den Testton ununterbrochen bei dieser Lautstärke, so war damit sichergestellt, daß er in keinem Frequenzgebiet einen Hörverlust von mehr als 0 bzw. 5 dB aufwies, d.h. daß er ein normales Hörvermögen besaß. Die Versuchsperson wurde zunächst durch einmaliges Durchdrehen der Frequenzskala an den Lautcharakter des wechselnden Sinustones gewöhnt. Bei der eigentlichen Untersuchung hatte sie die Hand zu heben, wenn sie einen Ton hörte, und die Hand zu senken, wenn die Tonwahrnehmung verschwand, und bei der Wiederkehr der Tonwahrnehmung die Hand wieder zu heben. Zeigte die Versuchsperson durch Senken der Hand ein Ausbleiben der Tonwahrnehmung bei Lautstärken von 0 bzw. 5 dB an, so wurde die untere und obere Grenzfrequenz dieses Hörverlustbezirks durch Erhöhen und Erniedrigen der Prüffrequenz genau einge-

stellt. Sodann wurde die Lautstärke in 5-dB-Stufen
heraufgesetzt und die Grenzfrequenzen des Hörverlust-
bereiches bei jeder Lautstärkestufe bestimmt. Die
Untersuchung wurde beendet, wenn der Proband keine
Unterbrechung der Tonwahrnehmung mehr bemerkte die
Prüflautstärke also größer war als der größte Hörverlust.
Auf diese Weise ließen sich schmale Hörsenken exakt ein-
grenzen (Abb. 11).



Hörschwellenmessung mit kontinuierlicher Frequenzaudiometrie.
Schmale Hörsenke zwischen 5 000 und 9 000 Hz.

Bei unsicheren Angaben gaben wir statt eines Dauertons periodische Tonimpulse von 0,5 Sekunden Dauer.

Die Untersuchung des rechten und linken Ohres erfolgte getrennt. Es wurde immer der gleiche Kopfhörer benutzt, um eine Beeinflussung der Ergebnisse durch Frequenzgangdifferenzen zwischen rechtem und linkem Hörer auszuschließen. Das Kopfhörerpaar mußte also nach benutzter Untersuchung eines Ohres jeweils umgesetzt werden. - Die gefundenen Hörschwellenwerte wurden sofort ins Audiogrammformular eingetragen.

IV. Ergebnisse.

Die audiometrischen Kurven der Zahnmediziner und Vergleichspersonen ließen sich in fünf Typen gruppieren.

Typ I

Eng umschriebene Hörsenken mit 10-40 Db Hörverlust im Frequenzbereich zwischen 8 000 - 9 000 Hz bei sonst normaler Hörschwelle.

Typ II

Engumschriebene Hörsenken im Frequenzbereich zwischen 8 000 - 9 000 Hz wie bei Typ I, jedoch mit einer zusätzlichen deutlich abgesetzten Hörsenke im Frequenzgebiet unterhalb 8 000 Hz und normaler Hörschwelle im übrigen Frequenzbereich.

Typ III

Breite Hörsenken im Frequenzbereich oberhalb 4 000 Hz mit maximalem Hörverlust zwischen 8 000 - 9 000 Hz bei sonst normaler Hörschwelle.

Typ IV

Hörsenken im Frequenzbereich unterhalb 8 000 Hz
bei sonst normaler Hörschwelle.

Typ V

Hörverlust im ganzen Frequenzbereich geringer als
5 dB, also normale Hörschwelle ohne Senken.

A. Zahnmediziner.

Diese Audiogrammtypen verteilen sich auf die Gruppen
der Zahnmediziner wie folgt:

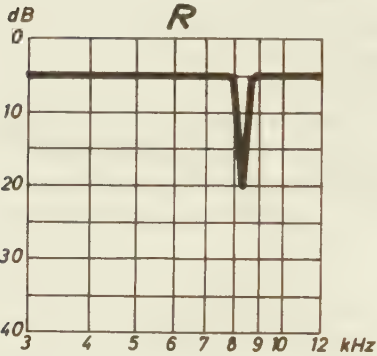
Gruppe	Anzahl	Hörsenke
I	37	8 000 - 9 000 Hz
II	11	a) 8 000 - 9 000 Hz b) deutlich abgesetzte Senke vor 8 000 Hz
III	6	a) breite Hörsenke von 8 000 - 10 000 Hz b) maximaler Hörverlust zwischen 8 000 - 9 000 Hz
IV	8	außerhalb 8 000 - 9 000 Hz d.h. im niedrigeren Frequenz- bereich
V	14	keine

Davon wiesen in Gruppe I 20 Zahnmediziner Senken auf beiden Ohren, 10 auf dem rechten und 7 auf dem linken Ohr auf. In Gruppe II wiesen 8 Personen Senken auf beiden Ohren, 2 auf dem rechten und 1 auf dem linken Ohr auf. In Gruppe III wiesen 4 Personen Senken auf beiden Ohren, 1 auf dem rechten und eine auf dem linken Ohr auf. In Gruppe IV hatten 5 Personen Senken auf beiden Ohren, 1 auf dem rechten und 2 auf dem linken Ohr. In Gruppe V hatte keiner der Probanden eine Hörsenke zu verzeichnen. Also auch nach den audiometrischen Daten konnte keine Beeinträchtigung des Hörvermögens durch Schädeltraumen etc. festgestellt werden.

AUDIOGRAMMBEISPIELE

Gruppe I (37 Personen)

Hörsenke zwischen 8000 bis 9000 Hz mit 10 - 35 dB
Hörverlust.



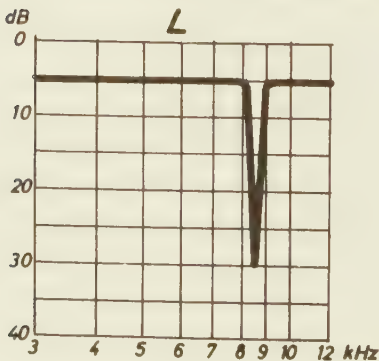
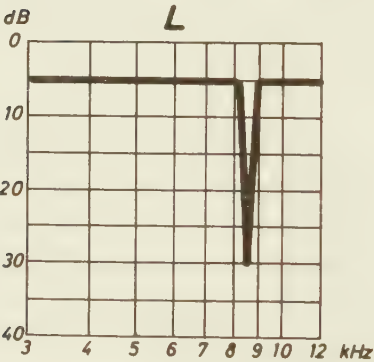
J. D., ♂, 28 J.

HNO o. B.

3 Jahre Turbinenexposition.

Rechtes Ohr: Senke bis 20 dB.

Linkes Ohr: Senke bis 30 dB.



V. M., ♀, 28 J.

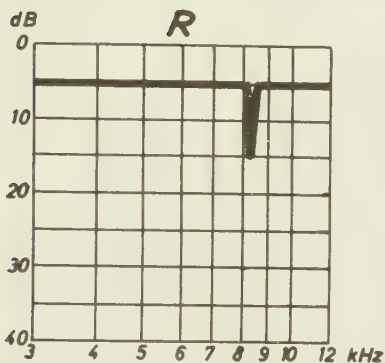
HNO o. B.

1 Jahr Turbinenexposition.

Rechtes Ohr: Keine Senke

Linkes Ohr: Senke bis 30 dB.

noch Gruppe 1



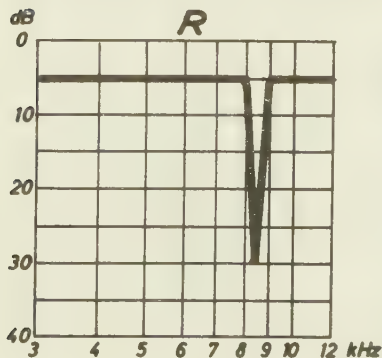
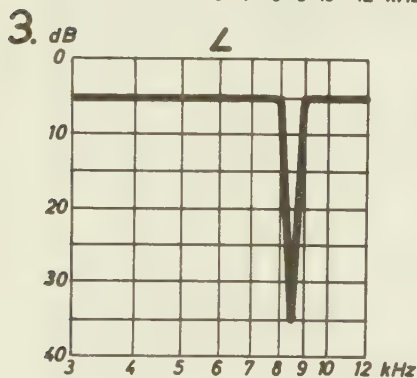
H. B., ♂, 27 J.

HNO o. B.

1 Jahr Turbinenexposition.

Rechtes Ohr: Senke bis 15 dB.

Linkes Ohr: Senke bis 35 dB.



J. R., ♀, 27 J.

HNO o. B.

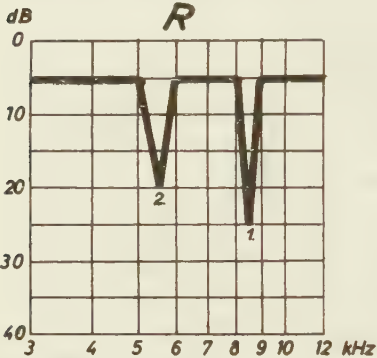
2 1/2 Jahre Turbinenexposition.

Rechtes Ohr: Senke bis 30 dB.

Linkes Ohr: Keine Senke.

Gruppe II (11 Personen)

Hörsenke zwischen 8000 bis 9000 Hz mit deutlich abgesetzter Senke vor 8000 Hz bei einem Hörverlust von 10 bis 30 dB.



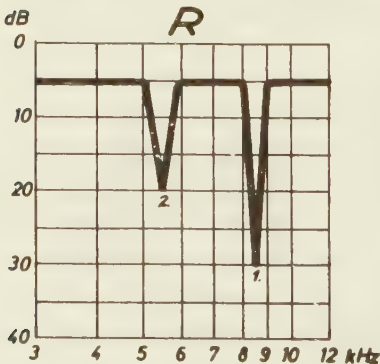
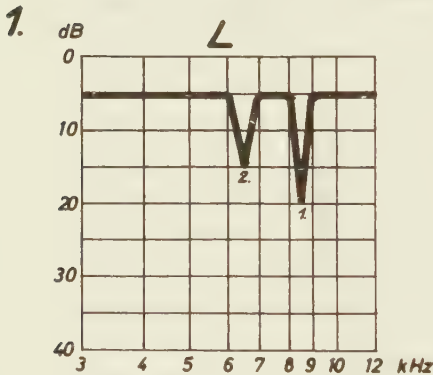
E. H., ♂, 27 J.

HNO o. B.

1 Jahr Turbinenexposition.

Rechtes Ohr: 1. Senke bis 25 dB, 2. Senke bis 20 dB.

Linkes Ohr: 1. Senke bis 20 dB, 2. Senke bis 15 dB.



U. B., ♀, 27 J.

HNO o. B.

1 1/2 Jahre Turbinenexposition.

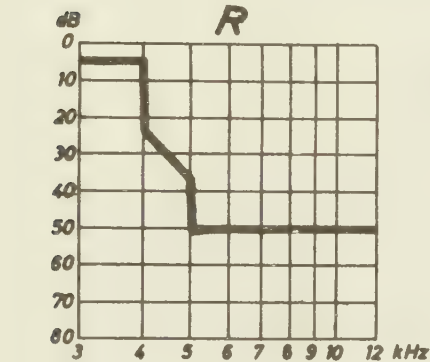
Rechtes Ohr: 1. Senke bis 30 dB, 2. Senke bis 20 dB.

Linkes Ohr: Keine Senke

2.

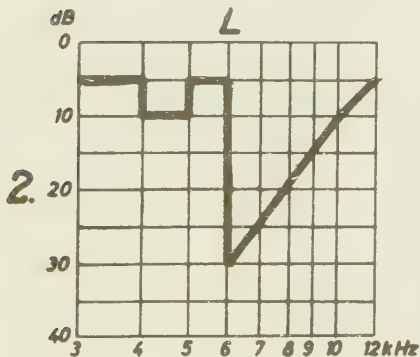
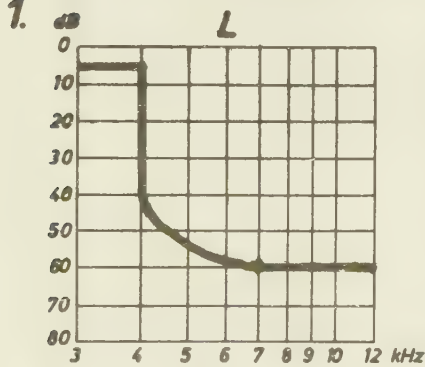
Gruppe III (6 Personen)

Breite Hörsenke von 8000 bis 10000 Hz mit maximalem Hörverlust zwischen 8000 bis 9000 Hz bei 10 bis 60 dB.



G. R., ♂, 28 J.
HNO o. B.
1 1/2 Turbinenexposition.

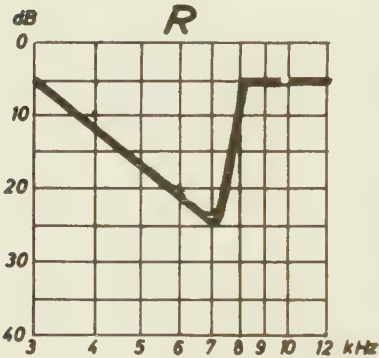
Rechtes Ohr: Breite Senke bis 50 dB.
Linkes Ohr: Breite Senke bis 60 dB.



R. R., ♂, 31 J.
HNO o. B.
3 Jahre Turbinenexposition.
Rechtes Ohr: Keine Senke.
Linkes Ohr: Breite Senke bis 30 dB.

Gruppe IV (8 Personen)

Hörsenke außerhalb 8000 bis 9000 Hz, d. h. im niedrigeren Frequenzbereich, mit 10 bis 30 dB Hörverlust.



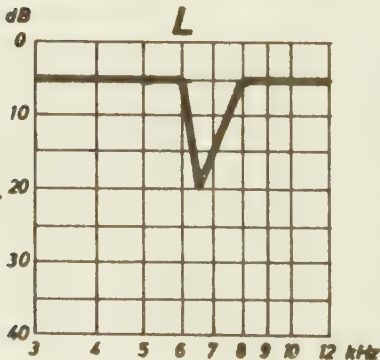
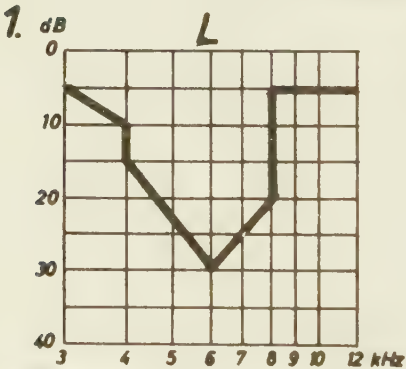
B. Sch., ♀, 27 J.

HNO o. B.

2 Jahre Turbinenexposition.

Rechtes Ohr: Senke bis 25 dB.

Linkes Ohr: Senke bis 30 dB.



G. V., ♂, 26 J.

HNO o. B.

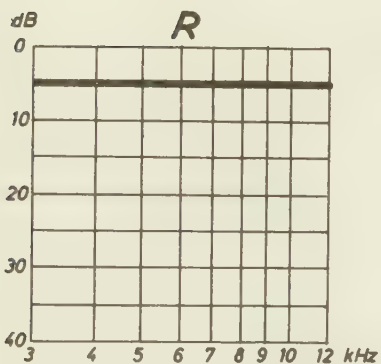
2 Jahre Turbinenexposition.

Rechtes Ohr: Keine Senke.

Linkes Ohr: Senke bis 20 dB.

Gruppe V (14 Personen)

Hörverlust im ganzen Frequenzbereich geringer als 5 dB, also normale Hörschwelle ohne Senken.



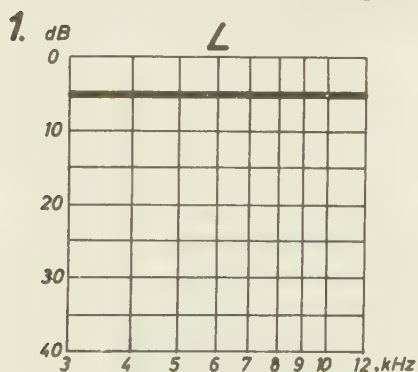
U. H., ♀, 27 J.

HNO o. B.

1 1/2 Jahre Turbinen-
exposition.

Rechtes Ohr: Keine Senke.

Linkes Ohr: Keine Senke.



B. Kontrollgruppe.

Bei den Probanden der Kontrollgruppe ergab sich folgende Verteilung der Audiogrammtypen:

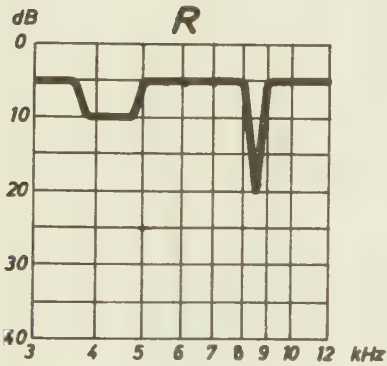
Gruppe	Anzahl	Hörsenke
I	1	8 000 - 9 000 Hz
II	2	a) 8 000 - 9 000 Hz b) deutlich abgestzte Senke vor 8 000 Hz
III	8	a) breite Hörsenke von 8 000 - 10 000 Hz b) maximaler Hörverlust zwischen 8 000 - 9 000 Hz
IV	22	außerhalb 8 000 - 9 000 Hz d.h. im niedrigeren Frequenzbereich
V	43	keine

2 Vergleichspersonen wiesen Hörsenken im Frequenzbereich unterhalb 8 000 Hz auf, die evtl. von einem Trauma oder von einer im Kindesalter erlittenen Otitis media herühren konnten. 2 der männlichen Untersuchten, die ihren Militärdienst absolviert hatten, hatten im Audiogramm kleine Hörsenken, vermutlich infolge von Lärmbelastung oder Knalltraumen beim Schießen entstanden. Diese Hörsenken lagen jedoch sichtlich im Frequenzbereich unterhalb 8 000 Hz, der Hörverlust betrug 10 - 15 dB.

AUDIOGRAMMBEISPIELE

Kontrollgruppe I (1 Person)

Hörsenke zwischen 8000 bis 9000 Hz mit 10 bis 20 dB
Hörverlust.



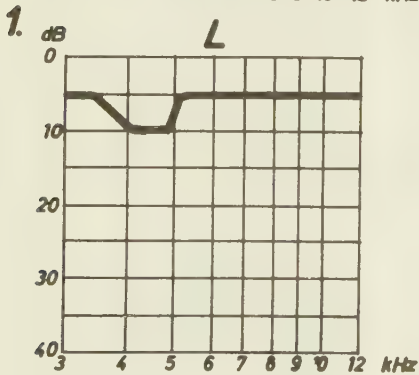
O. D., ♀, 30 J.

HNO o. B.

Keine Turbinenexposition.

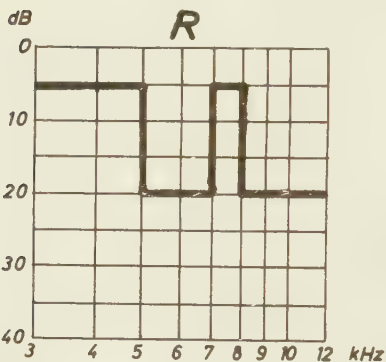
Rechtes Ohr: Senke bis 20 dB.

Linkes Ohr: unbedeutende Senke bis 10 dB.



Kontrollgruppe II (2 Personen)

Hörsenke zwischen 8000 bis 9000 Hz mit deutlich
abgesetzter Senke unterhalb 8000 Hz von 10 bis
20 dB.



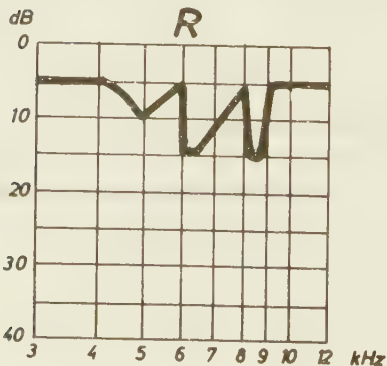
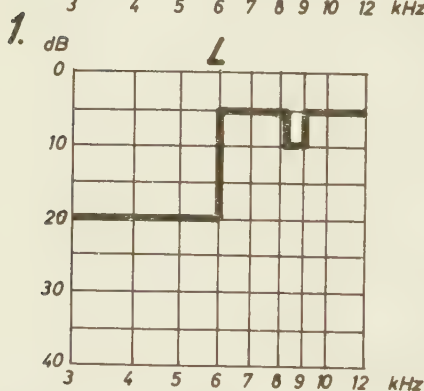
U. H., ♂, 23 J.

HNO o. B.

Keine Turbinenexposition.

Rechtes Ohr: 1. Senke
bis 20 dB, 2. Senke
bis 20 dB.

Linkes Ohr: 1. Senke
bis 10 dB, 2. Senke
bis 20 dB.



H. K., ♂, 25 J.

HNO o. B.

Keine Turbinenexposition.

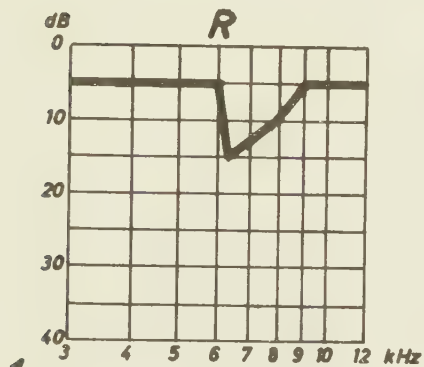
Rechtes Ohr: 1. Senke
bis 15 dB, 2. Senke
bis 15 dB.

Linkes Ohr: Keine Senke.

2.

Kontrollgruppe III (8 Personen)

Breite Hörsenke von 8000 bis 10000 Hz mit maximalem Hörverlust zwischen 8000 bis 9000 Hz bei 10 bis 30 dB.



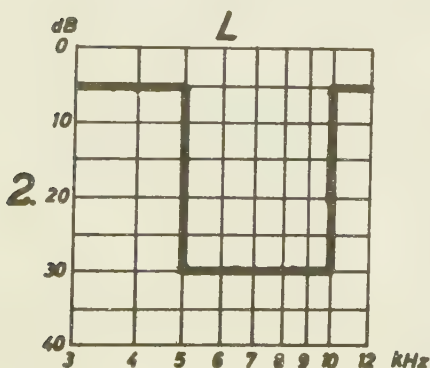
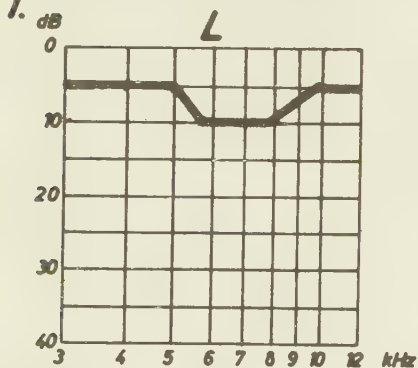
K. B., ♂, 22 J.

HNO o. B.

Keine Turbinenexposition.

Rechtes Ohr: Breite Senke bis 15 dB.

Linkes Ohr: Breite Senke bis 10 dB.



B. H., ♂, 26 J.

HNO o. B.

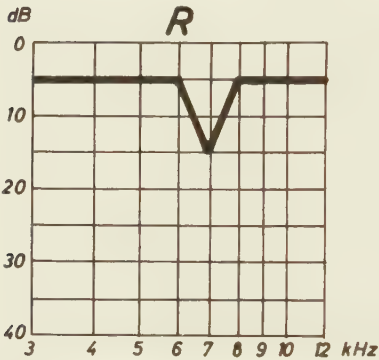
Keine Turbinenexposition.

Rechtes Ohr: Keine Senke.

Linkes Ohr: Breite Senke bis 30 dB.

Kontrollgruppe IV (22 Personen)

Hörsenke außerhalb 8000 bis 9000 Hz, d. h. im niedrigeren Frequenzbereich mit 10 bis 25 dB Hörverlust.



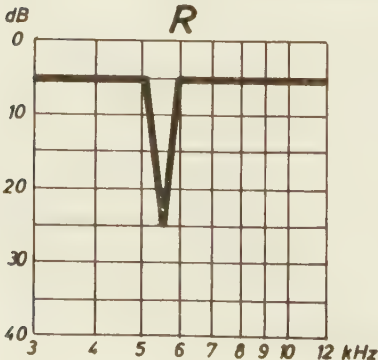
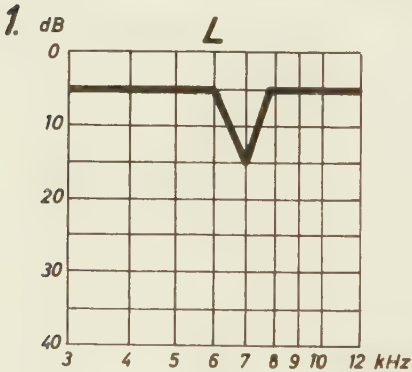
R. D., ♀, 27 J.

HNO o. B.

Keine Turbinenexposition.

Rechte Ohr: Senke bis 15 dB.

Linkes Ohr: Senke bis 15 dB.



M. G., ♀, 22 J.

HNO o. B.

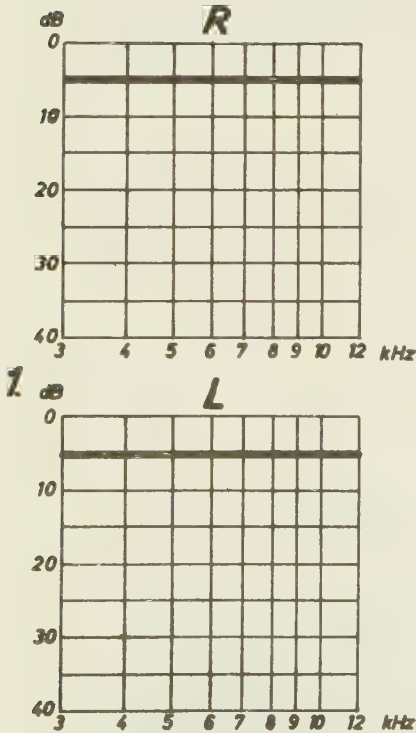
Keine Turbinenexposition.

Rechte Ohr: Senke bis 25 dB.

Linkes Ohr: Keine Senke.

Kontrollgruppe V (43 Personen)

Hörverlust im ganzem Frequenzbereich geringer als 5 dB, also normale Hörschwelle ohne Senke.



U. F., ♀, 24 J.

HNO o. B.

Keine Turbinenexposition.

Rechtes Ohr: Keine Senke.

Linkes Ohr: Keine Senke.

C. Statistische Auswertung.

Für die Beurteilung konnten also 5 Gruppen der Zahnmediziner 5 Gruppen der Vergleichspersonen gegenübergestellt werden. Die weitere Einteilung erfolgte in Personen, die keine Hörschäden (a) und solche, die auffallende Hörsenken aufwiesen (c).

Die Vergleichspersonen, also die Probanden, die keine Turbine bedient hatten, wurden wiederum in Probanden, die Hörschäden (b) und solche, die keinerlei Schäden (d) aufwiesen, eingeteilt. So ergab sich eine Formel, nach der wir die einzelnen Gruppen in Beziehung zueinander setzen konnten.

	Turbine	ohne Turbine
Schäden	a	b
ohne Schäden	c	d

Formel: $n = a + b + c + d$

Für die statistische Analyse bedienten wir uns des χ^2 - Testes. " Das Prinzip des χ^2 -Testes beruht darauf, daß jeweils 2 entsprechende Glieder der beiden zu vergleichenden Reihen nacheinander verglichen werden. Die Abweichung der Summe zugehöriger Glieder werden quadriert und durch einen bestimmten Erwartungswert dividiert. Der Summenwert aller Einzelrechnungen ergibt einen Maßstab für die Übereinstimmung oder Nichtübereinstimmung der Ausgangsreihen und wird mit χ^2 bezeichnet."

(NEUSS).

χ^2 -Test

$$\chi^2 = \frac{(a \cdot d - b \cdot c)^2 \cdot n}{(a + b) \cdot (c + d) \cdot (a + c) \cdot (b + d)}$$

Bei diesem Ausrechnungsverfahren bedeutet der Buchstabe χ^2 lediglich eine Zahl, die am Ende der Auswertung herauskommt. Sie ist eine Art Schlüsselzahl, die nach einem besonderen Schema lediglich Aufschluß über das Ergebnis in % gibt. Anhand dieser Zahl kann man mittels einer entsprechenden Tabelle das statistisch ausgewertete Ergebnis mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit, die wiederum in % ausgedrückt wird, erfahren. Anhand dieser Auswertung war es möglich, eine Aussage darüber zu machen, ob das Turbinengeräusch das Innenohr im Bereiche der höchsten Frequenzen zu schädigen vermag.

<u>Irrtumswahrscheinlichkeit in %</u>						
Prozent	10	5	2,5	1	0,1	%
Grenzwert	2,71	3,84	5,02	6,62	10,8	

Signi-
fikanz-
grenze

Beispiel zur Interpretation:

Gruppe I ergab im χ^2 -Test bei den Zahnärzten, d.h. bei der Prüfgruppe die Zahl $\chi^2 = 42,98$. Aus obenstehender Tabelle ist das Verhältnis der Zahlen zueinander ersichtlich und kann im Endergebnis in % angegeben werden.

Die Zahl $\chi^2 = 42,98$ ist größer als der Grenzwert zu 0,1%. Also kann mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 0,1 % behauptet werden, daß die beiden Stichproben aus verschiedenen Grundgesamtheiten stammen, d.h. daß die Arbeit mit der Turbine die Hörsenken zwischen 8 000 und 9 000 Hz verursacht hat. Bei Hörverlusten der Typen II und III ist die Irrtumswahrscheinlichkeit größer. Wegen der geringen Fallzahl wurden die Gruppen II und III der Gruppe I zugeschlagen.

Gruppe	χ^2	Irrtumswahrscheinlichkeit in %
I	42,98	0,1
II	5,38	2,5
III	0,08	15
I+II+III	47,41	weniger als 0,1

Daraus muß geschlossen werden, daß es sich bei den Hörsenken der Gruppen I, II und III bei den Probanden, die mit Zahnturbinen arbeiten, um Schädigungen handelt, die vom Geräusch der Zahnturbinen herrühren.

Fernerhin ist zu folgern, daß das Turbinengeräusch mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 0,1% Hörschäden des Innenohres mit charakteristischen Hörsenken von 8 000 - 9 000 Hz verursachen kann.

Die Hörsenken der Vergleichsprobanden können, wie schon gesagt, auf keinen Fall von zahnärztlichen Turbinen herrühren, da diese Personen keinerlei Verbindung zu den Turbinen hatten. Ihre Hörsenken lagen bis auf einen Fall ausschließlich im Frequenzbereich unterhalb 8 000 Hz.

Wenn man auch hier wiederum die Untergruppen I, II und III der Kontrollgruppe zusammenfaßt, die ein X^2 - Zahl von 47,41 ergaben, kann man rückläufig aussagen, daß die Hörsenken mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 0,1% auf Belastungen mit nichtturbinenbedingtem Lärm beruhen, dessen Intensitätsmaxima anders verteilt sind als im Turbinengeräusch.

Eine statistisch verwertbare Korrelation zwischen Expositionsdauer und Auftreten und Ausmaß des Hochtonhörverlustes war nicht möglich. Bei der Unterteilung der Zahmedizinergruppen nach zeitlicher Dauer der Belastung durch das Turbinengeräusch (s.Seite 25) entstehen zu kleine Gruppen:

Tabelle:

Zeitliche Belastung

Jahre	Std./Tag	Personen	Senken
1 1/2	3	37	20 P. auf beiden Ohren (Gr.I) 10 P. a.d. rechten Ohr 7 P. a.d. linken Ohr
2-2 1/2	3	11	8 auf beiden Ohren 2 a.d. rechten Ohr (Gr. II) 1 a.d. linken Ohr
2	3	6	4 auf beiden Ohren 1 a.d. rechten Ohr (Gr. III) 1 a.d. linken Ohr
3	3	8	5 auf beiden Ohren 1a.d. rechten Ohr (Gr. IV) 2a.d. linken Ohr
2	2	14	keine (Gr. V)

Der zeitliche Abstand zwischen letzter Turbinenarbeit und Untersuchung war unterschiedlich, oft mehr als 2-3 Stunden, und ließ keinen Einfluß auf das Auftreten oder Ausbleiben einer Hörsenke erkennen.

V. Diskussion und Folgerung.

Unsere Ergebnisse und ihre statistische Auswertung besagen, daß Höreinbußen durch das Arbeitsgeräusch von Zahnturbinen möglich sind. Sehr wahrscheinlich handelt es sich dabei auch um bleibende Schäden; denn bei den audiometrischen Untersuchungen war die normale Erholungszeit des Gehörs stets verstrichen, so daß rückbildungsfähige, transitorische Hörschwellenverschlechterungen nicht mit erfaßt wurden.

Auf der anderen Seite ist hervorzuheben, daß irgendwelche Beeinträchtigung des subjektiven Gehörs mit den schmalen Hochtonsenken nicht verbunden sind. Alle Probanden empfanden sich als völlig normalhörig.

Weiter muß aus unseren Untersuchungen gefolgert werden, daß im Frequenzbereich über 5 000 Hz bereits Lärmintensitäten von weniger als 80 dB zu Hörsenken und damit zu einer "Lärmschwerhörigkeit" im weitesten Sinne führen können. Über die Schädlichkeit so hochfrequenter Geräuschanteile war bisher wenig bekannt. Eine Betrachtung der S L A W I N -Kurve der kritischen Lärmintensität z.B. zeigt, daß diese bei 5 000 Hz endet, daß bei 5 000 Hz 78 dB noch als unschädlich gelten, und daß die Kurve hier zu größeren Intensitäten ansteigt, so daß man oberhalb 5 000 Hz eine größere Lärmresistenz des Innenohres als bei 1 000 - 4 000 Hz erwarten müßte. Im Gegensatz dazu gelangen unsere Audiogrammbefunde zu dem Schluß, daß die Innenohrempfindlichkeit für Frequenzen oberhalb 5 000 Hz nicht ab-, sondern zunimmt. Die kritischen Grenzwerte der Schädlichkeit von Dauerlärm müssen demnach oberhalb 5 000 Hz wieder bei geringeren Schallzugaben liegen, denn die Intensität der Turbinen-

geräusche betrug zwischen 6 000 und 10 000 Hz durchweg weniger als 75 dB oder sogar als 70 dB. Unsere Ergebnisse jedoch lassen noch keinen Schluß auf Hörschäden bei jahrzehntelanger Arbeit mit Dentalturbinen zu, da die Expositionsdauer unserer Probanden zu gering war. Immerhin erscheint es nach den Audiogrammen der Gruppe III (breite Hörsenken im Frequenzbereich oberhalb 4 000 Hz) möglich, daß Dentalturbinen bei großer individueller Innenohrempfindlichkeit auch stärkere und vielleicht subjektiv empfindbare Hörverluste verursachen. Zur Klärung dieser Frage erscheinen weitere Reihenuntersuchungen und audiometrische Kontrolluntersuchungen bei Zahnärzten alle 2 - 3 Jahre erforderlich.

VI. Zusammenfassung.

Mit der Einführung der Turbine in die zahnärztliche Praxis ergab sich eine neue Art der Lärmbelastung durch das pfeifende Geräusch des Gerätes. Es war zu fragen, ob damit Schädigungen des Gehörorganes verbunden sein könnten. Dies gab zu zahlreichen Untersuchungen mit unterschiedlichen Ergebnissen Anlaß. Die bisherigen Untersuchungen waren jedoch unseres Erachtens nicht ausreichend, besonders soweit sie sich nur auf subjektive Aussagen der befragten Zahnärzte bezogen. Wir haben deshalb neue Reihenuntersuchungen an Zahnmedizinern durchgeführt.

Die untersuchten Kollegen arbeiteten alle mit neuen und modernen Zahnturbinen. Mittels einer Gerätekombination der Firma Brüel & Kjaer (Kopenhagen) wurden die Arbeitsgeräusche der einzelnen Turbinentypen akustisch analysiert. (Abb. 3-9) Es ergaben sich Gesamtlautstärken von 60 - 78 dB; die Intensitätsspitzen lagen meist um 5 000 Hz vereinzelt auch um 6 000, 8 000 und 10 000 Hz.

Für die Fahndung nach Hörsenken benutzen wir ein Peters-S.P.D./5- Audiometer mit kontinuierlicher Frequenzänderung von 0-12 000 Hz und stufenlos regulierbarer Prüflautstärke. Wir audiometrierten ausschließlich über Luftleitung, wobei der gesamte Frequenzbereich von 0-12 000 Hz

kontinuierlich durchgemessen wurde.

Unsere Untersuchung erstreckte sich auf 76 jung approbierte Zahnärzte oder Staatsexamenskandidaten, die täglich im Durchschnitt bis zu drei Stunden ohne Unterbrechung dem Turbinengeräusch ausgesetzt waren. Mit dieser Untersuchungsreihe lief eine zweite an nicht turbinenexponierten Probanden parallel, um den Kausalzusammenhang zwischen etwaigen Hörschäden und Turbinengeräusch belegen zu können.

Die Kontrollgruppe zählte ebenfalls 76 Personen und bestand aus Studenten der Vollmedizin und anderer Fakultäten. Sie unterschied sich anamnestisch von der Gruppe der Zahnmediziner nur durch das Fehlen einer Turbinenexposition.

Bei beiden Gruppen fanden die gleichen Prüfkautelen Anwendung. Vor der audiometrischen Prüfung erfolgte eine gründliche HNO-ärztliche Untersuchung, die eventuell bestehende Ohrerkrankungen ausschließen sollte. Es kamen nur Probanden ohne pathologischen Befund in die Auswertung. Anhand eines Fragebogens wurden anamnestisch erlittene Schädelverletzungen, Ohrerkrankungen, ererbte Schwerhörigkeit, Knalltraumen oder Streptomycinmedikation, die zur Schwerhörigkeit führen könnten, ausgeschaltet. Bei den Zahnmedizinern wurde zusätzlich die Dauer der Turbinenexposition exploriert. Sie betrug im Mittel 2 - 2 1/2 Jahre bei einer Dauerbelastung von 3 Stunden pro Tag.

Die elektroakustischen Hörprüfungen erfolgten bei beiden Gruppen nach der gleichen Methode. Sie fanden in einem störschallgeschützten und reflexionsarmen Untersuchungsraum der audiologischen Abteilung der Univ.-HNO-Klinik statt. Es wurde stets der gesamte Prüftonebereich von 125-12 000 Hz bei steigenden Lautstärken (0,5, 10, 15 usw. dB) durchgeprüft. Die Versuchsperson zeigte das Verschwinden oder Wiederkehren des Tones an, bis sie keine Unterbrechung der Tonwahrnehmung mehr bemerkte, die Prüflautstärke also

größer war als der größte Hörverlust. So ließen sich schmale Hörsenken eingrenzen (Abb. 11). Linkes und rechtes Ohr wurden getrennt untersucht. Um eine Beeinflussung der Ergebnisse durch Frequenzgangdifferenzen zwischen rechtem und linkem Audiometerhörer auszuschließen, wurde immer der gleiche Kopfhörer benutzt.

Es ergaben sich bei den Zahnmedizinern und Vergleichspersonen audiometrische Kurven, die sich jeweils in 5 Typen gruppieren ließen:

- Typ I : Engumschriebene Hörsenken im Frequenzbereich zwischen 8 000 - 9 000 Hz bei normaler Hörschwelle.
- Typ II : Engumschriebene Hörsenken zwischen 8 000 - 9 000 Hz mit deutlich abgesetzter Hörsenke unterhalb 8 000 Hz.
- Typ III : Breite Hörsenken oberhalb 4 000 Hz mit maximalem Hörverlust zwischen 8 000 - 9 000 Hz.
- Typ IV : Hörsenken im Frequenzbereich unterhalb 8 000 Hz.
- Typ V : Normale Hörschwelle ohne Senken.

Von den untersuchten Zahnmedizinern wiesen 54 Personen Hörsenken im Frequenzbereich von 8 000 - 9 000 Hz auf. Der Hörverlust betrug hier 10 - 40 dB.

Bei der Kontrollgruppe lagen etwa vorhandene Hörsenken bis auf einen Fall ausschließlich im Frequenzbereich unterhalb 8 000 Hz, der Hörverlust betrug 10 - 15 dB.

Bei der statistischen Auswertung konnten also vergleichbare Kollektive der Zahnmediziner- und Kontrollgruppe einander gegenübergestellt werden. Mittels des χ^2 - Testes ließ sich dann aussagen, ob das Turbinengeräusch das Innenohr im Bereiche der höchsten Frequenzen zu schädigen vermag.

Es ergab sich, daß mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 0,1% die Arbeit mit der Dentalturbine die festgestellten Hörsenken zwischen 8 000 - 9 000 Hz verursacht hat. Weiter ist zu folgern, daß das Turbinengeräusch -ebenfalls mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 0,1%- Hörschäden des Innenohres mit charakteristischen Hörsenken zwischen 8 000 - 9 000 Hz verursachen kann. Dagegen können die Hörsenken der Kontrollgruppe nicht von zahnärztlichen Turbinen herrühren, weil diese Personen keinerlei Verbindung zu den Turbinen hatten. Anhand des χ^2 -Testes kann man also rückläufig aussagen, daß die Hörsenken, die im Frequenzbereich unterhalb 8 000 Hz liegen, mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 0,1% auf Belastung mit nicht turbinenbedingtem Lärm beruhen.

Subjektive Beeinträchtigungen des Hörvermögens sind mit den Hörsenken durch Turbinenlärm nicht verbunden. Ob dies allerdings nach jahre- oder jahrzehntelanger Arbeit mit Dentalturbinen noch der Fall sein wird, ist aufgrund unserer Befunde noch nicht zu entscheiden, sondern muß durch weitere Reihenuntersuchungen in späterer Zeit geklärt werden.

VII. Literatur

Zitierte Arbeiten:

1. Hesse, C.W. Zur Frage der Belastung des Zahnarztes durch das Geräusch der Dantalturbine. Quintessenz Heft 7 (1965)
Ref. Nr. 2675
2. Bohren, H. Gehörschäden durch Dantalturbinen ? Quintessenz Heft 11 (1965)
Ref. Nr. 2774
3. Eichner, K. Normal, hoch- und höchsttouriges Bohren, Bohren und Schleifen von Zahnhartsubstanzen.
Carl Hansa, München 1966
4. Hahn, R., Chantel, P.A.: Rilievi sperimentali sulle modificazioni della funzione auditiva indotte dal rumore generato da turbotrapani. Minerva stomat. (Torino), 13, 121, (1964)
Zit. Zbl. HNO-Heilk. 84, 289 (1964)
5. Hopp, E.S. Accoustic trauma in high-speed dental drills. Laryngoscope (St. Louis) 72, 821 (1962)
6. Keller, J., Olk, E., Opitz, J. Untersuchungen über den Einfluß der Turbinengeräusche in der zahnärztlichen Praxis auf das Hörvermögen. Z. Laryng. Rhinol. 43, 680 (1964)
7. Einfeldt, H. Sinnvolle Lenkung der Technik. Zahnärztl. Mitt. 53, 437 (1963)
8. Weston, H.R. Untersuchungen des Geräusches bei hohtourigen Bohrern und der Gehörbeeinflussung. Austdent. J. 7, 200 (1962)
ref. Dtsch. Zahnärztl. Z. 18, 759 (1963)
9. Escher, F. Gehörschäden durch hohtourige Bohrmaschinen. Schweiz. Mschr. Zahnheilkunde 70, 891 (1960)
10. Flottorp, G. zitiert bei Escher 9)
11. Feldmann, H. Schädigen die Turbinengeräusche in der zahnärztlichen Praxis das Hörvermögen ? Arbeitsmedizin 3 H. 1, (1965)

12. Lehnhardt, E. Die Berufsschäden des Ohres.
Arch. Ohr- Nas.- u. Kehlk. Heilk.
185, 11 (1965) (hier S. 127)
- Weitere benutzte Literatur:
- Brunsgaard, A. Mindre Kjente horselskader.
T. norske Laegeforen 82, 1285 (1962)
- van Dishoeck, H.A.E. L'audiometrie á balayage continu des
sons, Int. Audiol. 2, 165 (1962)
(hier S. 167/168)
- Dieroff, H.G. Die Lärmschwerhörigkeit in der
Industrie.
Barth, Leipzig 1963
- Drum, W. Ergonomie
Quintessenz Heft 4 (1966)
Ref. Nr. 2898
- Fuchs, G.L. High spend dental turbines noise.
and R. Illari Accustica (Stuttgart) 14, 313 (1964)
- Heite, H.J. Statistische Rechenblätter,
Marburg/Lahn
- Lehnhardt, E. Die c⁵ - Senke" ihre Deutung aufgrund
allgemeingültiger physiologischer
Vorstellungen, HNO (Berlin)
14, 45 (1966)
- Neuss, O. Statistik und Berechnung in der
Medizin. Mat. Med. Nordmark
17 (1965), 657
- Niemeyer W. Berufsschäden des Gehörs.
Deutsches Ärzteblatt -Ärztl. Mitt.
62. Jahrg./Heft 49, S. 2725-
2728/4. Dez. 1965/Heft 50, S. 2795 -
2796/11. Dez. 1965
- Partsch, C.H. u. Frequenzanalytische Untersuchungen
Eichner, R.H. über den Lärm der Turbinengeräusche
und ihr Einfluß auf das Hörvermögen.
Zahnärztl. Rundschau 69, 45 (1960)

Rademacher, G.,
Partsch, C.J.,
Eichner, K.

Weitere Untersuchungen über den
Lärm der Turbinengeräusche.
Zahnärztl. Rundschau 70 (1961)
305

Robin, J.

Effect of noise made by dental
turbine drill.
Dental Practitioner 10, 148(1960)

Weber, E.

Grundriß der biologischen
Statistik
Jena (1964)

Die vorliegende Arbeit wurde von Juni 1965 bis Mai 1967
in der Hals- Nasen- und Ohrenklinik der Philipps-
Universität Marburg an der Lahn durchgeführt.

Herrn Dozent Dr. med. W. Niemeyer möchte ich an
dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank für die
Überlassung des Themas und für seine Unterstützung
und Ratschläge bei der Ausführung der Arbeit aus-
sprechen.

Lebenslauf

Am 15. Februar 1941 wurde ich, Ursula Halatscheff, in Sofia/Bulgarien als Tochter der Zahnärzte Dr. Eftim Halatscheff und seiner Ehefrau Dr. Edith Halatscheff geb. Konrad geboren.

Im September 1948 kam ich in die Grundschule in Sofia/Bulgarien, die ich 1952 verließ, da meine Eltern mit mir nach Deutschland zurücksiedelten, um sich in Frankfurt am Main niederzulassen.

Ich wurde hier in die Holzhausenschule eingeschult und bestand im Frühjahr 1953 die Aufnahmeprüfung in das Lessing-Gymnasium, Humanistisches Gymnasium, Frankfurt am Main, an dem ich am 27. Februar 1962 die Reifeprüfung bestand.

Im Sommersemester 1962 begann ich mit dem Studium der Zahnheilkunde an der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main, und setzte es bis zum Wintersemester 1963/64 an dieser Universität fort. Das sich daran anschließende Sommersemester 1964 belegte ich an der Universität Heidelberg und kehrte zum Wintersemester 1964/65 an die Johann Wolfgang Goethe-Universität zurück, an der ich die zahnärztliche Vorprüfung am 31. März 1965 bestand.

Vom Sommersemester 1965 bis zum Sommersemester 1967 studierte ich an der Philipps-Universität in Marburg und legte dort am 20. Dezember 1967 das zahnärztliche Staatsexamen ab.

Meine akademischen Lehrer waren die
Herren Professoren und Dozenten:

in Frankfurt am Main

Prof. Dr. med.	H. Frick
Prof. Dr. phil.	H. Giersberg
Privatdoz. Dr. med.	H. J. Kretschmann
Prof. Dr. med. dent.	M. Kuck
Prof. Dr. rer. nat.	H. Muser
Prof. Dr. phil. nat.	W. Ried
Prof. Dr. phil. nat.	P. Royen
Prof. Dr. med.	R. Schneider
Privatdoz. Dr. rer. nat.	W. Seubert
Prof. Dr. med.	D. Starck
Prof. Dr. med.	K. Wezler

in Heidelberg

Prof. Dr. Dr. med.	G. Kutscher
--------------------	-------------

in Marburg

Privatdoz. Dr. med.	W. Bommer
Prof. Dr. med.	P. Gedigk
Privatdoz. Dr. med. dent.	I. Hennis
Prof. Dr. med., Dr. med. dent.	H. J. Hering
Prof. Dr. med., Dr. med. dent.habil.	H. Heuser
Prof. Dr. med. dent.	G. Janke
Privatdoz. Dr. med.	G. Korb
Prof. Dr. med.	N. Lang

Prof. Dr. med.	G. Mann
Privatdoz. Dr. med.	W. Niemeyer
Prof. Dr. med. dent.	H. Pantke
Privatdoz. Dr. med. dent.	E. Pfütz
Prof. Dr. med.	G. Rodeck
Privatdoz. Dr. rer. nat. Dr. med.	K. Salfeld
Privatdoz. Dr. med.	W. Schiff
Prof. Dr. med.	W. Schmid
Privatdoz. Dr. med.	I. Staib
Prof. Dr. med.	H.J. Streicher
Privatdoz. Dr. med.	G. Strohmeier
